



İstanbul'da biyoklimatik konfor koşullarının mekansâl analizi¹

Spatial analysis of bioclimatic comfort conditions in Istanbul¹

Ayşegül Oğul^{a*}  Faize Sarış^b 

^a Milli Eğitim Bakanlığı, Alemdar Anadolu Lisesi, Zonguldak, Türkiye.

^b Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-0382-123X; F.S. 0000-0002-1721-4959

BİLGİ/INFO

Geliş/Received: 06.07.2024

Kabul/Accepted: 31.10.2024

Anahtar Kelimeler:

Biyoklimatik konfor
İstanbul
CBS
İklimsel parametreler

Keywords:

Bioclimatic comfort
Istanbul
GIS
Climatic parameters

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(A. Oğul)alpin.2377@gmail.com

DOI: 10.17211/tcd.1511621



Atf/Citation:

Oğul, A., & Sarış, F. (2024). İstanbul'da biyoklimatik konfor koşullarının mekansâl analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* (86), 71-85. <https://doi.org/10.17211/tcd.1511621>

ÖZ/ABSTRACT

Günümüzde nüfusun % 57'sinin yaşadığı kentsel alanlar, iklimsel değişimler ile antropojenik faaliyetlerden önemli derecede etkilenmektedir. Türkiye'nin metropol kenti İstanbul'da biyoklimatik konfor koşullarının zamansal ve mekansal karakterini ortaya koymayı amaçlayan bu çalışmada, 35 meteoroloji istasyonuna ait sıcaklık, nisbi nem ve rüzgâr hızı verileri kullanıldı. Biyoklimatik konfor analizleri için aylık ve yıllık ortalama sıcaklık, nisbi nem ve rüzgâr hızı verileri dikkate alınmış, her bir parametrenin mekansal paterni Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon tekniğiyle ortaya konulduktan sonra, belirlenen konfor referans aralıkları dikkate alınarak ve ArcGIS 10.5'teki reclassifiye (yeniden sınıflandırma) ve weighted overlay (ağırlıklı çakıştırma) araçları kullanılarak biyoklimatik konfor haritaları oluşturuldu. Yıllık ortalama konfor haritası, çalışma alanında tamamen konforsuzluğa işaret ederken, aylık ortalama analizlerde farklılıklar belirlendi. Kasım, aralık, ocak, şubat ve mart ayları boyunca İstanbul genelinde konforsuz koşullar egemenken, haziran ve eylül aylarının, İstanbul için biyoklimatik açıdan en konforlu dönemler olduğu tespit edildi. Çevresine göre sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve konfor olarak farklılık gösteren güneydeki ilçelerin – Fatih, Beyoğlu, Bakırköy, Zeytinburnu, Kadıköy, Üsküdar, Ümraniye, Maltepe, Kartal – yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş mekanlara karşılık geldiği, konforda fiziki koşullar kadar antropojenik özelliklerin de sonuçları etkilediği belirlenmiştir. Uzun yıllar gözlem yapan 8 meteoroloji istasyonunun verilerine göre yapılan trend analizlerinde ise, ortalama sıcaklıklarda anlamlı artışlar gözlemlendi.

Today, urban areas where 57% of the population lives are significantly affected by climatic changes and anthropogenic activities. In this study, which aims to reveal the temporal and spatial character of bioclimatic comfort conditions in Istanbul, a metropolitan city of Turkey, temperature, relative humidity and wind speed data of 35 meteorological stations were used. Monthly and annual average temperature, relative humidity and wind speed data were taken into account for bioclimatic comfort analyses, and after the spatial pattern of each parameter was revealed by the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation technique, bioclimatic comfort maps were created by considering the determined comfort reference intervals and using the reclassify and weighted overlay tools in ArcGIS 10.5. While the annual average comfort map indicated complete discomfort in the study area, differences were determined in the monthly average analyses. While uncomfortable conditions prevail throughout Istanbul during November, December, January, February and March, it was determined that June and September were the most bioclimatically comfortable periods for Istanbul. It was determined that the southern districts -Fatih, Beyoğlu, Bakırköy, Zeytinburnu, Kadıköy, Üsküdar, Ümraniye, Maltepe, Kartal - which differ in temperature, humidity, wind speed and comfort compared to their surroundings, correspond to densely populated and industrialized areas, and that anthropogenic characteristics as well as physical conditions affect the results in comfort. In the trend analyses conducted according to the data of 8 meteorological stations that have been observing for many years, significant increases were observed in average temperatures.

¹Bu çalışma Ayşegül Oğul'un (2023) "İstanbul'da arazi kullanım değişiminin biyoklimatik konfor şartlarına etkisi" başlıklı doktora tezinden faydalanılarak üretilmiştir.

¹This work was produced by utilizing Ayşegül Oğul's (2023) doctoral dissertation titled "The effect of land use change on bioclimatic comfort conditions in Istanbul".

Extended Abstract

Introduction

For centuries, climate has been the most important determinant of our choices of settlement areas, which also affects our daily life activities. The effects of climate are evident in various aspects, from economic activities to clothing preferences, from habitats to cultural formations. Cities, where a significant portion of the population resides, have become a focal point not only for the advantages they offer but also for the damage they cause to climate and environmental conditions. Istanbul, known as the largest metropolitan city in Turkey and characterised by both advantages/disadvantages due to its conditions, forms of study area of this research. The aim of the study was to reveal the bioclimatic comfort conditions in a densely populated city that presents vital and administrative challenges, and to achieve this goal, analyses have been conducted from the perspective of temporal and spatial change.

With each passing day, the growing population and unplanned urban development negatively affects the quality standards of living spaces and creates thermally uncomfortable environments. At this point, disciplines that enable urban design studies to transform living spaces into healthy environments - such as bioclimatology - have emerged. Areas that provide certain climatic conditions needed by people are defined as "comfort zones". The individual's ability to feel healthy, dynamic and productive, while adapting to their environment with minimal energy expenditure is an indicator of comfort. Research to calculate comfort, which began in 1923 with the Effective Heat Index, has developed further with the addition of various parameters.

Data and Method

In this study, monthly and annual averages of temperature, wind speed and relative humidity data of 35 stations were used as data sets to evaluate the analysis of bioclimatic comfort conditions of Istanbul. Data sets were imported to ArcGIS 10.5 and average temperature, relative humidity and wind speed maps were produced using the Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation method. Threshold values for the comfort maps were determined by examining comfort studies conducted in Turkey and reviewing Istanbul's monthly and annual maximum and minimum datasets. Afterwards, bioclimatic comfort maps were created using "Reclassify" and "Weighted Overlay" tools. In addition to spatial assessment based on annual and monthly averages of climate parameters, trend analysis was applied to statistically evaluate interannual variability. Temporal trends were determined in the data from eight long-term observation stations using the Mann-Kendall rank correlation coefficient method with the Kendall Tau b application in SPSS 18.

Results and Discussion

In the maps prepared according to annual averages, temperature values ranged between 12.6-18 °C, humidity 70.2-90%, and wind speed 1.7-7.2 m/s. Differences in values in the southern parts of Istanbul, where temperatures increase, humidity decreased, and wind direction changed due to skyscrapers, were also reflected in the maps. However, since this did not

significantly alter the annual bioclimatic comfort conditions, no localised comfortable or uncomfortable areas were identified. In the monthly average temperature maps, the values were lowest between December and March and highest between May and September. While the monthly average temperature varied between 3.3-26 °C, spatially high humidity values were detected throughout the study area. Humidity values varied between 64-90.5% and wind speed values varied between 1.5-9.2 m/s. According to the bioclimatic comfort analyses conducted on monthly average climate parameters, it was observed that five months were completely uncomfortable, while the period from June to September featured a larger area of comfortable zones. Trend analyses conducted using the average temperature and humidity data from 8 long-term observation stations, revealed an overall increasing trend in temperatures, with this trend being most prominent in the average temperatures over both spatial (stations) and temporal (months) dimensions. In examining the results of the humidity analyses, it was found that there were no widespread increases throughout the year except for the Kartal station. Therefore, while no significant increases were observed in humidity, notable increases were detected in temperature series. High temperatures, low humidity values, and varying comfort zones identified in the southern parts of Istanbul are significantly influenced by the dense population and associated urbanization. The tendency of cities to create milder environments compared to their surroundings during cold periods, and hotter environments during warm periods—essentially transforming into Urban Heat Islands—also shapes comfort conditions. The emergence of Urban Heat Islands is particularly pronounced in the southern regions of the city, where temperatures are high, aligning with our findings. Considering that global climate change has an effect in Turkey especially in terms of increased temperature and drought, the current data and maps for Istanbul indicate that Istanbul's comfort conditions will undergo both temporal and spatial changes in the coming years. Due to rising temperatures, the prevailing discomfort during the winter may transform regionally into the emergence of comfortable areas, while the comfortable conditions in the summer could be replaced by uncomfortable conditions, leading to an expansion of these uncomfortable zones. When the findings of bioclimatic comfort analyses conducted specifically for Istanbul evaluated alongside the potential impacts of global climate change in the future, suggest that significant changes in comfort may be expected during the spring and autumn months, as well as in June.

1. Giriş

Yüzyıllardır yerleşme alanı seçimlerimizin önemli belirleyicisi olan iklim günlük yaşam aktivitelerimizi de etkilemektedir. Ekonomik faaliyetlerden giyim tercihlerine, habitatlardan kültürel oluşumlara kadar çeşitli şekillerde iklimin etkileri gözlenmektedir. Geniş bir bölgede ve uzun yıllar boyunca değişmeyen ortalama hava koşullarını ifade eden iklim, bu yönüyle coğrafi çevrenin ve insan yaşamının şekillenmesini sağlamaktadır (Erol, 1993).

Dünyanın çok farklı iklimsel özelliklere sahip bölgelerinde yaşamaya adapte olmuş insan için, doğrudan iklim kaynaklı bir habitat kaybindan söz edilmese de iklimsel açıdan konforsuz

koşulların oluşacağı tahmin edilmektedir. İnsanlar tarafından ihtiyaç duyulan belirli iklim koşullarını sağlayan alanlar “konfor bölgesi” olarak tanımlanmıştır. Bu konforun göstergesi; bireyin kendisini sağlıklı, dinamik ve verimli hissetmesi, mümkün olan en az enerjiyi harcayarak çevresine adapte olabmesidir. Başka bir ifadeyle termal konfor, insanın en az seviyede enerji harcarak çevresine uyum sağlayabildiği koşullar olarak da tanımlanmaktadır (ISO, 2002; ASHRAE, 2004; Auliciems & Szokolay, 2007).

Her geçen gün büyüyen ve nüfusu artan, plansız kentsel gelişim yaşam alanlarının kalite standartlarını olumsuz etkilemekte, hava kirliliğinden, aşırı enerji tüketimine ve termal açıdan konforsuz mekanlara kadar birçok çevre sorununu beraberinde getirmektedir. İşte bu noktada yaşam alanlarını sağlıklı ortamlara dönüştürme konusunda kentsel tasarım çalışmalarına olanak sağlayan alt disiplinler ortaya çıkmıştır. Uygulamalı klimatolojinin önemli alanlarından biri olan ve farklı disiplinlerden bilimsel araştırmaların konusunu oluşturan biyoklimatoloji bunlardan biridir. Konfor indisi çalışmaları, 1923 yılında Etkili Sıcaklık indisi ile başlamış ve zamanla farklı kriterlerin eklenmesiyle geliştirilmiştir (Çağlak, 2021). Ortam koşullarından memnuniyeti ifade eden zihin durumu olarak tanımlanan termal konfor, bu indislerin kullanımıyla iç ve dış mekan çalışmalarında kullanılmıştır. Fiziki ve Beşeri çevrenin insan fizyolojisi üzerindeki etkilerini araştıran termal konfor, biyoklimatik konfor olarak ifade edilmektedir. (Sayigh & Marafia, 1998; Toy, 2010).

Küresel iklim değişikliği birçok alanda olduğu gibi biyoklimatik konfor koşullarında da etkisini göstermektedir. Antropojenik etkilerle ortaya çıkan iklim değişikliği özellikle sıcaklık artışlarında kendini göstermektedir. Kentsel alanların genişlemesine karşılık, vejetatif yüzeylerin ve sulak alanların azalması arazi örtüsünün değiştiğini göstermektedir. Yapay alanlar, yüzeyin ısı depolama kapasitesini arttırmakta, atmosfer ile yeryüzü arasındaki ısı dengesini etkilemektedir. Kentsel alanlardaki sıcaklığın kırsal alanlara göre daha yüksek olmasına neden olan bu durum, Kent Isı Adası (KIA) olarak adlandırılmaktadır (Oke, 1982). Küresel ısınmanın kent ölçeğindeki karşılığı olan KIA, iklim değişikliğinin etkisini şiddetlendirmektedir (Aksak vd., 2023). İstanbul’da yıllık ortalama sıcaklıkların 1912-2016 döneminde 0,94 °C’lik artışına neden olan bu durum, sıcak hava dalgalarının etkilerini arttırarak halk sağlığını olumsuz etkilediği (Yasdıman, 2023), insanların ve diğer canlıların yaşam standartlarını düşürdüğü ve sürdürülebilir çevre çalışmalarında karşılık bulmadığı (Temur, 2023) için üzerinde durulması gereken çevre sorunlarından biridir. Sıcak hava dalgalarının desteklediği KIA nedeniyle, toprak ve beton yüzeyler arasında 25°C’lik sıcaklık farkı oluşmakta ve oluşan bu fark nedeniyle kronik rahatsızlığı olanlar, hamileler, ileri yaşta kişiler ve bebekler ile evcil hayvanlar, kentte yaşayan diğer tüm canlılar (kirpi, kaplumbağa, kertenkele, arı, karınca gibi) için risk ortamı oluşmaktadır (Çelik, 2023). 1990 yılından sonra hızlanan sıcaklık artışları, İstanbul’a yönelik çok sayıda iklim modeli ve senaryo ile oluşturulan projeksiyonları gerekli kılmıştır. Bu projeksiyonların tamamı sıcaklık artışından kuraklığa, deniz seviyesi yükselmesinden şiddetli yağışlara kadar önemli etkilere dikkat çekmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü İklim Senaryoları Raporu’nda kullanılan RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryoları, yüzyılın sonuna doğru İstanbul’da yıllık ortalama sıcaklıkların 1986-2005 dönemine göre 1 ila 5 °C arasında

artacağına işaret etmektedir (Kaya, 2018). Güncel çalışmalar ise İstanbul’un özellikle güneyindeki yüksek sıcaklıklara ve düşük yağışa dikkat çekmektedir (Ünal vd., 2020; Balcıoğlu & Gönençgil, 2022; Çapraz, 2024). İstanbul her ne kadar geçiş iklimlerinin etkisi altında bir bölgede yer alsada da, Akdeniz İklimi etkilerinin daha fazla hissedildiği güney kesimlerde sıcaklıklar daha yüksek kaydedilirken, kuzeye doğru kademeli düşüş gözlenmekte, farklar 1.7 °C’ye çıkmaktadır. İstanbul’un güneyi ile kuzeyi arasında enlem ve topografya açısından kayda değer bir farklılık gözlenmesi de ortalama sıcaklık farklarının oluşmasında hem iklim tiplerindeki farklılıklar hem de kentleşme ve sanayileşme etkisi öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar, ortalama sıcaklıkların eğiliminde bölge genelinde bir artışın olduğunu, yağış miktarının ise, İstanbul’un güneyinde azalırken, kuzeye gidildikçe Karadeniz ikliminin etkisiyle arttığını göstermektedir (Turoğlu, 2014; Balcıoğlu & Gönençgil, 2022). Yağışta ortaya çıkan bu durum, bağıl nem dağılımında da gözlenmektedir.

İnsan biyoklimatolojisi üzerine yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak farklı bileşenlerin kombine etkilerini ortaya koyan indis hesaplamalarına dayanır. Sıcaklık, rüzgâr ve nisbi nem gibi parametrelerle tanımlanan ve biyoklimatik konforu sağlayan iklim koşullarının alt ve üst sınırlarının belirlenmesine yönelik pek çok araştırma yapılmış ve birbirinden az da olsa farklılıklar gösteren değerler elde edilmiştir. Ancak, orta enlemlerde yaşayan tüm insanların biyoklimatik konfor gereksinimlerini belirlemek amacıyla geliştirilen Olgay (1973)’in biyoklimatik konfor yaklaşımı bu konuda ayrı bir önem taşımaktadır. Olgay, biyoklimatik konforu sağlayan iklimsel koşulları bir koordinat sistemi yardımıyla belirlemektedir. “Biyoklimatik Çizelge” adı verilen bu çizelgede koordinat sistemi üzerine herhangi bir alandaki iklim verileri işlenerek, o alanda biyoklimatik konforun sağlanabilmesi için gerekli olan iklimsel değerler ortaya çıkarılabilmektedir (Altunkasa, 1987). Olgay’a göre, biyoklimatik konfor değerleri; 21,0 – 27,5 °C sıcaklık, % 30 - 65 bağıl nem ve 5 m/sn’ye kadar rüzgâr hızı kombinasyonu olarak belirlenmiştir (Çınar, 1999). Ancak ilerleyen süreçte farklı indislerle yapılan çalışmalarda, eşik değerler ve parametrelerin bölgesel olarak değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Ülke ve arazi koşullarına göre uyarlanan bu değerler doğal olarak farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, Türkiye için buhar basıncı ve nisbi nem ilişkileri dikkate alınarak, etkili sıcaklıkların eşik değerleri 16,7°C–24,7°C olarak hesaplanmıştır (Sungur, 1980). Ancak, Avustralya’nın Akdeniz iklim koşullarına yakın doğu bölgesi için ise bu değerler 17,0°C–24,9°C olarak kabul edilmiştir. Gaffney’e dayanarak Hobbs, bu yönden 17,0°C–24,9°C’lik sıcaklıkların uygun sıcaklık değerleri olduğunu belirtmiştir (Güçlü, 2008). Ayrıca, konfor bölgesinin belirlenmesinde rüzgâr hızının 6 m/sn’den az ve bağıl nem değerlerinin %30-%70 arası olmasının da sıcaklık değerleri ile birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Ülker, 1988).

Orta enlemlerde, biyoklimatik konfor açısından uygun olarak kabul edilen hissedilen sıcaklık değeri nem ve rüzgâra bağlı olarak 17-24,9°C’ler arasındadır ve bu sıcaklık aralığı Türkiye için de geçerlidir (Çetin, 2016). Türkiye’nin farklı bölgelerinde yapılan biyoklimatik konfor çalışmalarında, öncelikli kullanılan kriterler olan sıcaklık, rüzgâr hızı ve nisbi nem verilerinde eşik değerler belirlenirken, çalışmanın yapıldığı alanın iklim özelliklerine göre farklı değer aralıkları kullanılabilir. Karakuş & Demiroğlu (2022), Sivas’ta yaptıkları biyoklimatik konfor ça-

ışmasında kuru ve soğuk hava koşullarını gözönünde bulundurarak eşik değerlerini, sıcaklık 15-20°C, rüzgâr hızı 0-5 m/sn ve nisbi nem % 30-65 olarak belirlemişlerdir. Yeşil vd. (2021) ile Çetin vd. (2010), sıcaklık 15-27°C, rüzgâr hızı 0-5 m/sn ve nisbi nem % 30-70 olarak kabul etmiştir. Türkiye’de ve Dünya’da yapılan çalışmalarda, bulunulan bölgenin coğrafi konumuna ve iklimine göre şekillenebilen konfor aralıkları subjektif bir değer olup zamana, mekâna ve kişiye göre değişiklik göstermektedir (Hobbs, 1980). Birçok araştırmacı tarafından indisler ve bu indislere dayalı eşik değerler belirlenmiş olsa da konfor aralıklarının kalibrasyon sonuçlarına dayalı olarak, yerel koşullara göre ayarlandığı söylenebilir (Pontes vd., 2022). Sungur, 1980 yılında Türk insanları ile yaptığı bir çalışmada optimum etkili sıcaklık değerlerini saptamıştır. Bu değerlerin, 16,7 - 24,7 °C arasında olduğunu, ancak bulunan bu değerlerin subjektif değerler olduğunu belirtmiştir. Koçman ise, 1991 yılında yaptığı çalışmada ülkemiz için etkili sıcaklık değerlerini 17,0 - 24,9 °C olarak tanımlamıştır. Bahsi geçen çalışmalara ek olarak, coğrafi konum, iklim özellikleri ve parametrelerin uzun süreli ortalamaları, maksimum ve minimum değerler incelenerek, İstanbul için referans değerler, sıcaklık 17-24 °C, rüzgâr hızı 0-5 m/sn ve nisbi nem % 30-70 olarak belirlenmiştir.

Türkiye’nin metropol kenti İstanbul için biyoklimatik konfor şartlarının yıl içindeki değişimini ve alansal farklılaşmasını ortaya koymak, literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmanın yanı sıra; kent, rekreasyon ve turizm planlamalarına yeni bir veri ve anlayış sağlayacaktır. İklim değişikliği etkilerine ek olarak, artan nüfusu ve arazi örtüsü değişimleriyle İstanbul’da biyoklimatik konfor koşullarının araştırılması bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmuştur. Bu bağlamda; İstanbul’da sıcaklık, rüzgâr hızı ve nisbi nem parametreleri kullanılarak aylık ve yıllık biyoklimatik konfor hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarla, kentin biyoklimatik konfor şartlarının zamansal ve mekansal ölçeklerde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Çalışma Alanı

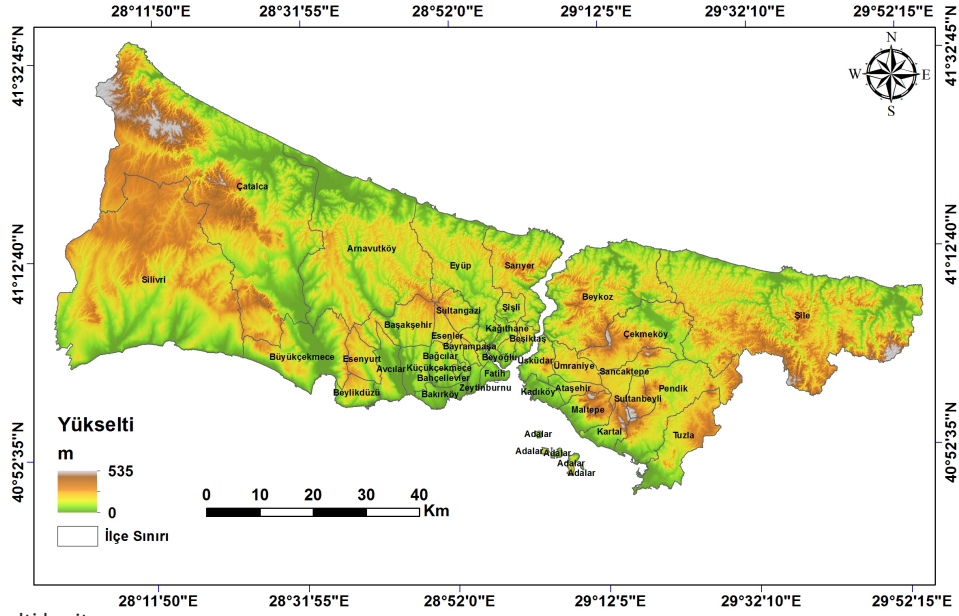
Araştırma alanı olarak seçilen İstanbul, Asya ile Avrupa kıtasının birleştiği bir noktada, Marmara Bölgesi’nde son derece stratejik

bir konumda yer almaktadır. Sadece Türkiye için değil, dünya üzerindeki konumu açısından da kuşkusuz önemli noktalardan biridir. Kocaeli ve Çatalca olarak adlandırılan iki yarımadadan oluşan şehrin ortasında, İstanbul Boğazı yer almaktadır. Şehrin kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Marmara Denizi, doğusunda Kocaeli, batısında Tekirdağ ve Kırklareli bulunmaktadır (Şekil 1). İstanbul’u doğuda Kocaeli Sıradağları, batıda ise Ergene Havzasının su bölümü çizgisi sınırlamaktadır. Flüvyal süreçlerin eseri olan şekillerden oluşan araştırma sahası, orta şiddette kimyasal ayrışma, zayıf derecede fiziksel parçalanma, orta derecede kütle hareketleri, akarsuların maksimum seviyede etkin olduğu, flüvyal morfojenetik bölge sınırları içerisinde bulunmaktadır (Kurter, 1979). Bu flüvyal süreçlerle şekillenen çalışma alanında, platolar baskın yüzey şeklini oluşturmaktadır (Şekil 2). En yüksek noktası 535 m ile Aydos dağı’dır.

İstanbul’un bir Orta Kuşak kenti olması tek düze olmayan iklimsel koşulları yaratmıştır. Farklı basınç sistemleri arasında yıl içinde değişen hava koşulları nedeniyle birden fazla iklim tipinin etkilerini görmek mümkün. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre kışları ılık, yazları sıcak Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır (Öztürk vd, 2017). İstanbul coğrafi konum gereği yazın, maritime Tropical (mT) hava kütlelerinin etkisi altında olduğundan, bu dönemde sıcak ve kurak koşullar hakim olmaktadır. Kış döneminde ise, soğuk-nemli ve soğuk-kurak etkiler gösteren maritime Polar (mP) ve continental Polar (cP) hava kütleleri bölgeyi etkisi altına almaktadır. Gerek iklimin ve hava kütlelerinin kendi içindeki karakteristiği, gerekse şehirleşme ve yoğun nüfus İstanbul’un kuzeyinde ve güneyinde iklim elementleri açısından dönemlik farklılıklar yaratmaktadır (Balcioğlu & Gönengil, 2022). Antropojenik etkilerin yanı sıra hakim rüzgâr yönünün kuzey yönlü olması, İstanbul’un kuzey kıyılarının özellikle yaz dönemi başta olmak üzere yılın genelinde güneye göre daha düşük sıcaklık ve daha yüksek nisbi nem değerlerine sahip olmasını sağlamıştır. Bu durum doğal olarak kuzey ilçelerde sıcaklıkların güneydekilere göre nispeten daha düşük olmasına neden olmaktadır. Ayrıca Aydos dağı ve Kayışdağı gibi doğal set oluşturan yükseltiler nedeniyle Kartal gibi güneyde bulunan istasyonlar kuzeyli rüzgârlara kapalı konumda yer almaktadır. Antropojenik etkilere ek olarak fiziki ortam koşullarından



Şekil 1. İstanbul lokasyon haritası.
Figure 1. Istanbul location map.



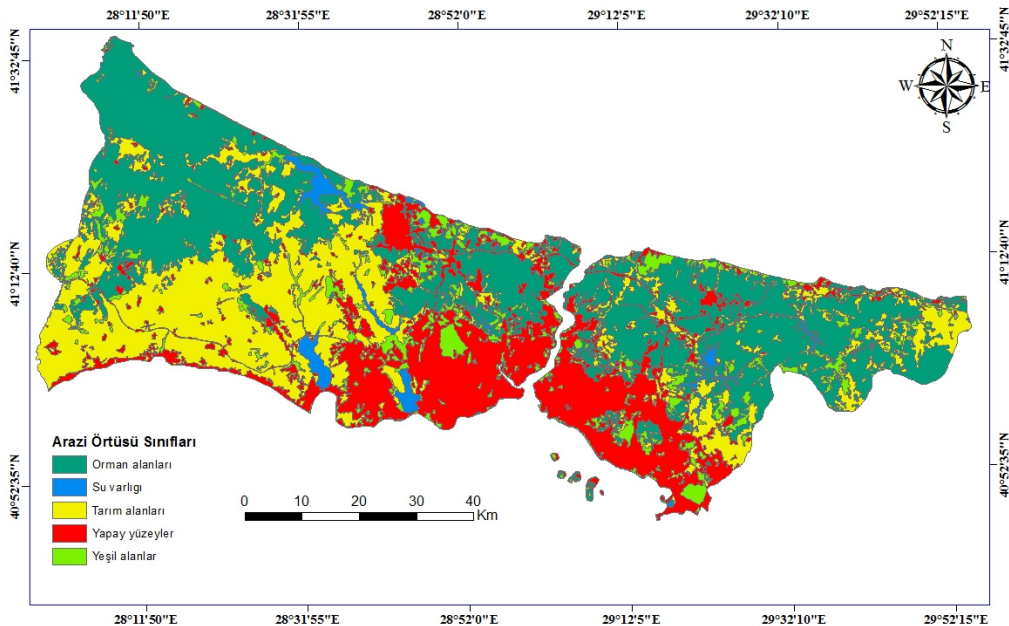
Şekil 2. İstanbul yükselti haritası.
Figure 2. Istanbul elevation map.

kaynaklanan nedenlerle ilin kuzeyi ve güneyi arasında iklimatik farklar oluşmuştur. Balcıoğlu ve Gönencgil (2022), tarafından Yarı Nemli Marmara Geçiş İklimi olarak nitelendirilen İstanbul'un iklim koşulları, güneyde Akdeniz iklimine benzer ancak yazların fazla kurak olmadığı, kışların daha soğuk geçtiği özelliklere sahiptir. Kuzeyde ise daha nemli ve yağışlı, yaz kuraklığının fazla hissedilmediği Karadeniz ikliminin etkileri görülmektedir. Bu yönüyle genel özellikler sunan iklim sınıflandırmalarının enlem, topografya ve gezici orta kuşak depresyonlarının etkisiyle mekansal olarak değişim gösterdiği söylenebilir.

Uzun tarihsel bir geçmişe sahip olan İstanbul'un arazi örtüsü, yoğun nüfus ve ekonomik faaliyetler nedeniyle farklı amaçlarla kullanılmış ve bu kullanım dönemsel olarak değişiklik göstermiştir. 2018 yılı Corine arazi örtüsü verileri, önceki dönemlerde ilin güneyinde yoğunlaşan şehir yapılarının Marmara Denizi kıyı şeridi boyunca doğu-batı yönlü genişlediğini hatta boğaz boyunca kuzeye doğru yayıldığını göstermektedir. Temeli 2014 yılında atılan ve 2018'de faaliyete geçen İstanbul Havalimanı'nın

bulunduğu alan da kentleşmeye başlamıştır. İstanbul'da kentleşme oranı her geçen gün artmakta, buna karşılık tarım, mera, doğal su ve orman alanları azalmaktadır. Ormanlar çoğunlukla kuzeyde -Çatalca, Arnavutköy, Sarıyer, Beykoz, Şile, Çekmeköy- bulunurken, tarım alanları Avrupa Yakası'nda Büyükçekmece, Silivri, Arnavutköy ve Çatalca'da yer almaktadır (Şekil 3).

Son yıllarda İstanbul'dan farklı şehirlere 252.027 kişilik nüfus göç etmiş olmasına rağmen, Türkiye'nin en kalabalık şehri olma özelliğini korumaktadır. İstanbul, 5461 km² lik yüzölçümüne sahip ve nüfusu 15.907.951'lik metropol bir şehirdir. Türkiye nüfusunun %18,65'nin ikamet ettiği bu şehirde, bugün km²'ye 3062 kişi düşmektedir (TÜİK, 2022). Bu veriler nüfus yoğunluğunun, toplam nüfustan daha hızlı arttığını, özellikle şehrin güneyinde bu yoğunluğun daha da yükseldiğini göstermektedir. Bugün, Esenyurt, Küçükçekmece, Bağcılar, Pendik, Ümraniye gibi nüfusu fazla olan ilçeler güneyde Marmara Denizi kıyılarında yer almaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. İstanbul CORINE 2018 arazi örtüsü haritası.
Figure 3. Istanbul CORINE 2018 land cover map.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Biyoklimatik Konfor Analizi ve Verilerin Seçimi

Çalışmada, İstanbul'un biyoklimatik konfor şartlarının analizini değerlendirmek amacıyla sıcaklık, rüzgâr hızı ve nisbi nem verilerinin aylık ve yıllık ortalamaları veri seti olarak kullanılmıştır. İstanbul'da gözlem yapan, ölçüm eksikliği ve hatası bulunmayan 35 istasyonun verisi analizler için seçilmiştir (Tablo 1). İstasyonlar seçilirken konumların, yükseltilerin ve arazi örtüsü özelliklerinin farklı olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 5). Çalışma konusu gereği kırsal, kentsel ve kentsel-kırsal özellik gösteren istasyonlar seçilmiş, veri içermeyen alanlardaki ortalamaların tahmininde ise yakın çevredeki istasyon verileri temel alınarak enterpolasyon teknikleri kullanılmıştır. Bu amaçla, meteorolojik veri setleri ArcGIS 10.5 programına aktarılmış ve enterpolasyon yöntemlerinden Inverse Distance Weighted (IDW) yöntemi esas alınarak ortalama sıcaklık, nisbi nem ve rüzgâr hızı haritaları üretilmiştir. Enterpolasyon yöntemleri, birbirine yakın noktaların uzaktakilere göre daha fazla korelasyon ve benzerliğe sahip olduğu teorisine dayanmaktadır. IDW'de değeri bilinmeyen bir noktanın, yakınındaki kontrol noktalarından, uzaktaki noktalara oranla daha fazla etkilendiği varsayılmaktadır. Ölçülmüş noktasal veriler genellikle düzenli bir ızgaraya yerleştirilir veya bazen bir alan üzerinde düzensiz bir şekilde dağıtılır ve bir harita oluşturmak için düzenli bir ızgara üzerinde enterpolasyon yapılır (Singh & Verma, 2019). Konfor haritaları için esas alınan eşik değerler belirlenirken, Türkiye için yapılan konfor

çalışmaları incelenmiş, İstanbul'un aylık, yıllık maksimum ve minimum veri setlerine bakılmıştır. Yapılan bu araştırmalar sonucunda, Tablo 2'de yer alan veri setleri konfor analizlerinde kullanılmıştır. Ardından, aynı programda "Reclassify" ve "Weighted Overlay" araçları kullanılarak biyoklimatik konfor haritaları oluşturulmuştur. Biyoklimatik konfor çalışmalarında her ne kadar farklı iklim verileri tek ya da kombine kullanılmış olsa da ve zamanla bu iklim verileri indislere göre değişiklik gösterse de hissedilen sıcaklık üzerindeki etkisi nedeniyle nisbi nem ve rüzgâr hızı önem arz ettiğinden, bu çalışmada da sıcaklık verilerine ek olarak tercih edilmiştir. Hobbs (1980)'a göre, temeli hissedilen sıcaklığa dayalı biyoklimatik konfor durumu, subjektif bir değer olup zamana, mekâna ve kişiye göre değişiklik gösterdiğinden, kalibrasyon sonuçlarına göre, yerel koşullardaki farklılıklar indis hesaplamalarında dikkate alınmaktadır.

Giriş bölümünde bahsedildiği üzere, orta enlemlerde bulunan Türkiye için belirlenen referans değerler, bölge ve kent özelliklerine göre yerel farklılıklar, kalibrasyonu gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, İstanbul gibi nemli ve fazla sıcak olmayan bir kent için değerlerin alt ve üst sınırlarında düzenleme yapılmıştır (Tablo 2).

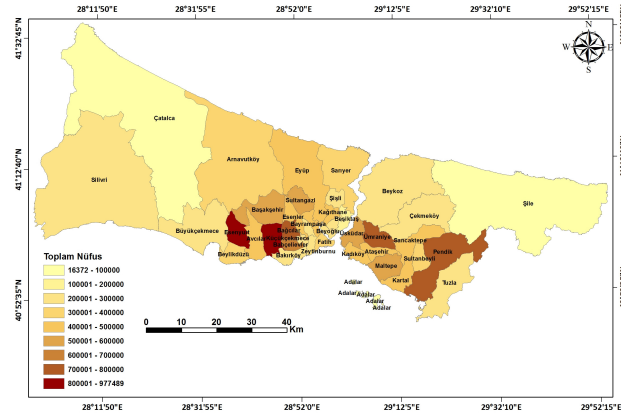
3.2. Trend Analizi

İklim parametrelerinin yıllık ve aylık ortalamalarına dayanan alansal değerlendirmeye ek olarak, yıllar arası değişkenliği istatistiksel olarak değerlendirmek için trend analizi uygulandı. Mann-Kendal sıra korelasyon katsayısı yönteminin Kendall Tau b uygulaması kullanılarak zamansal eğilimler belirlendi. Kendall's Tau b, zaman serilerindeki monotonik trendleri kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan testlerden biridir. Orijinal seri yerine sıralamaları değerlendiren, dağılımdan bağımsız ve parametrik olmayan bu analiz sonucunda elde edilen test istatistiği, % 5 ve % 1 anlamlılık seviyelerine göre değerlendirilerek değişimin yönü (artış/azalış) ve büyüklüğü belirlenir (Kendall, 1975). İstanbul'da biyoklimatik konfor analizine ek olarak, trend analizi uygulanarak zaman içerisinde gözlenen değişimlerin boyutu ve biyoklimatik konfor bakımından etkileri tartışılmaya çalışılmıştır. Bu amaç için uzun süreli gözlem yapan istasyonların verilerine, SPSS 18 programında Kendall Tau b testi uygulanarak, trend analizi yapılmıştır. Ortalama, minimum, maksimum sıcaklık ile ortalama nemlilik değişkenlerine ait serilerin analizi için ardışık, uzun yıllar gözlem yapan 8 istasyonun (Bahçeköy, Florya, Kadıköy Rıhtım, Kartal, Sarıyer, Kumköy/Kilyos, Şile ve Atatürk Havalimanı) 1970-2021 dönemine ait verileri kullanılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

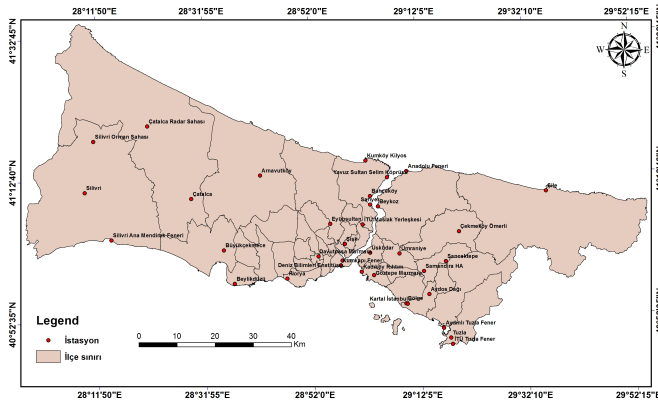
4.1. Yıllık Biyoklimatik Koşulların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, aylık ve yıllık ortalamalara göre sıcaklık, nisbi nem ve rüzgâr hızı haritaları oluşturuldu. İklim verilerinden, belirlenen referans aralıklara göre aylık ve yıllık konfor haritaları elde edildi. Yıllık ortalama sıcaklığın 12,6-18 °C aralığında olduğu, değerlerin Çatalca'da düşük, ilin güney kesimlerinde yer yer yükseldiği görüldü (Şekil 6). Yıllık ortalama nem değerleri % 70,2-90 aralığında değişirken (Şekil 7), ortalama rüzgâr hızının 1,7-7,2 m/sn aralığında değişkenlik gösterdiği görüldü (Şekil 8). İlin genelinde yıl boyunca nem oranlarının % 70'in üstünde



Şekil 4. İstanbul'da toplam nüfusun dağılışı (TÜİK, 2022).

Figure 4. Distribution of the total population of Istanbul (TUIK, 2022).



Şekil 5. İstanbul'un biyoklimatolojik koşullarının analizi için seçilen istasyonların alansal dağılımı (MGM)

Figure 5. Spatial distribution of the stations selected for the analysis of bioclimatological conditions of Istanbul (MGM)

Tablo 1. İstanbul'un biyoklimatolojik koşullarının analizi için kullanılan meteoroloji istasyonları (MGM)**Table 1.** Meteorological stations (MGM) used for the analysis of bioclimatological conditions of Istanbul (MGM)

Sıra	İstasyon Numarası	İstasyon Adı	İlçe	Enlem (° ve ')	Boylam (° ve ')	Rakım (m)	Rasat Süresi
1	18402	Arnavutköy	Arnavutköy	41.13 K	28.42 D	140	8
2	17636	Florya	Bakırköy	40.58 K	28.47 D	37	86
3	18421	Anadolu Feneri	Beykoz	41.22 K	29.16 D	58	7
4	18396	Beykoz	Beykoz	41.14 K	29.07 D	5	8
5	19110	Beylikdüzü	Beylikdüzü	40.57 K	28.37 D	122	5
6	18099	Büyüçekmece	Büyüçekmece	41.04 K	28.59 D	20	10
7	17047	Çatalca Radar	Çatalca	41.34 K	28.35 D	381	8
8	19111	Çatalca	Çatalca	41.16 K	28.49 D	78	5
9	18397	Ömerli	Çekmeköy	41.07 K	29.32 D	80	9
10	18101	Eyüpsultan	Eyüp	41.10 K	28.55 D	54	10
11	17603	İst. Den. Bil.Ens.	Fatih	41.01 K	28.57 D	10	16
12	17454	Kumkapı Fener	Fatih	41.00 K	28.57 D	12	10
13	17814	Davutpařa Marmara	Güngören	41.02 K	28.53 D	68	9
14	17813	Göztepe Marmara	Kadıköy	40.58 K	29.05 D	41	9
15	17062	Kadıköy Rıhtım	Kadıköy	40.58 K	29.01 D	5	93
16	17064	İstanbul Bölge	Kartal	40.54 K	29.15 D	18	15
17	19112	Aydos Dağı	Kartal	40.55 K	29.22 D	330	5
18	17638	Kartal İstanbul	Kartal	40.51 K	29.16 D	27	53
19	17065	Samandıra Havaalanı	Sancaktepe	40.59 K	29.21 D	123	18
20	18399	Sancaktepe	Sancaktepe	41.01 K	29.28 D	110	9
21	17061	Sarıyer	Sarıyer	41.14 K	29.05 D	59	74
22	17059	Kumköy-Kilyos	Sarıyer	41.25 K	29.04 D	38	73
23	18980	İTÜ Maslak Yerleşkesi	Sarıyer	41.10 K	29.02 D	75	5
24	19365	Yavuz Sultan Selim Köprüsü	Sarıyer	41.21 K	29.10 D	34	5
25	17619	Bahçeköy	Sarıyer	41.16 K	29.05 D	130	57
26	17438	Silivri Ana Mendirek Feneri	Silivri	41.07 K	28.24 D	9	10
27	18400	Silivri	Silivri	41.11 K	28.15 D	195	8
28	18793	Silivri Orman Sahası	Silivri	41.30 K	28.18 D	208	6
29	17610	Şile	Şile	41.17 K	29.36 D	83	83
30	18401	Şişli	Şişli	41.05 K	28.58 D	60	8
31	17437	Aydınlı Tuzla Liman Feneri	Tuzla	40.51 K	29.16 D	8	10
32	18100	Tuzla	Tuzla	40.49 K	29.29 D	3	10
33	17448	İTÜ Tuzla Güney Mendirek Feneri	Tuzla	40.48 K	29.17 D	13	10
34	18403	Ümraniye	Ümraniye	41.03 K	29.14 D	191	8
35	18404	Üsküdar	Üsküdar	41.03 K	29.04 D	75	8

Tablo 2. Biyoklimatik konfor sınıflandırması için referans aralıklar ve değerler (Sungur, 1980; Koçman, 1991; Hobbs, 1980; Güçlü, 2008).
Table 2. Reference ranges and values for bioclimatic comfort classification (Sungur, 1980; Koçman, 1991; Hobbs, 1980; Güçlü, 2008).

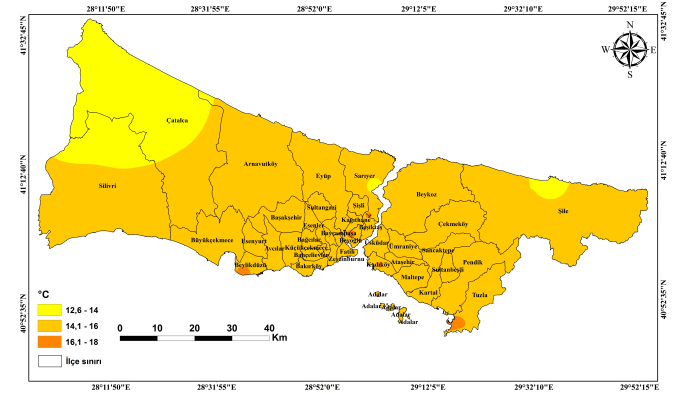
Parametreler	Referans aralıklar	Biyoklimatik konfor değeri
Sıcaklık	< 17	0 Konforsuz
	17-24	1 Konforlu
	24 >	0 Konforsuz
Nisbi nem	< 30	0 Konforsuz
	30-70	1 Konforlu
	70 >	0 Konforsuz
Rüzgar hızı	< 0	0 Konforsuz
	0-5	1 Konforlu
	5 >	0 Konforsuz

olduğu, rüzgâr hızı ve nemin özellikle Çatalca'da yükseldiği tespit edildi. Nem değerlerinde iklimsel farklılıkların da etkisiyle, kuzeye gidildikçe oranların arttığı görüldü. Sıcaklığın düştüğü, kırsal arazi örtüsünün daha hakim olduğu, nüfus ve yerleşmenin azaldığı bu bölgelere karşı, kentsel arazi örtüsünün hakim olduğu, daha kalabalık güney kesimlerde nem oranlarında azalma tespit edildi. Topografik koşulların da desteklediği bu durum rüzgâr hızında da ortaya çıktı. Referans aralıklarına göre yapılan analizler sonucunda, İstanbul'un yıllık ortalama iklim verileri, koşulların konforsuz olduğunu gösterdi (Şekil 9). Yerelde görülen iklim farklılıklarının yıllık ortalamalara yansımadağı, koşullara fiziki unsurlar kadar beşeri unsurların da etki ettiği görüldü. Giderek artan nüfusun yarattığı kentleşme, buna bağlı bitki örtüsünün tahribatı ve doğal su kaynaklarının azalması, etkinin boyutuna göre sıcaklık ve nem haritalarına yansıdı. Sıcaklığın çevresine göre arttığı, nem miktarının azaldığı, gökdenler nedeniyle rüzgâr yönünün değiştiği İstanbul'un güney kesimlerindeki değer farklılıkları haritalarda da görüldü. Ancak bu durum yıllık biyoklimatik konfor koşullarını değiştirecek ölçüde olmadığından, lokal konforlu veya konforsuz alanlar tespit edilmedi. Literatürde yer alan farklı biyoklimatik konfor aralıkları ile yapılan analizlerde de farklılık elde edilmedi. Her ne kadar konfor aralığına giren rüzgâr hızı ve sıcaklık değerlerine sahip istasyonlar bulunsun da, üç iklim elemanının analizini içeren bu çalışmada nem oranı çoğunlukla konfor aralığı dışında değerlere sahip oldu. Bu nedenle, İstanbul nem oranlarındaki yüksekliğin, yıllık konfor haritasındaki homojenlik üzerinde belirleyici olduğu düşünülmektedir. İstasyon seçiminde farklı yükselti (3-381 m arası) ve farklı arazi örtüleri seçilmiş olsa da, kısa mesafelerde değişen konfor aralıkları belirlenmedi. İstanbul'un kuzey ve güney kıyıları arasında da yıllık konfor açısından benzer bir sonuç elde edildi. Elde edilen bu sonuçta, daha az yükselti ve engebenin ve düşük sıcaklık farklarının da rolü olduğu düşünülmektedir. İstanbul'un yıllık konfor koşulları üzerinde sıcaklık ve nemin daha etkili olduğunu söylemek mümkündür. Ancak farklı alanlarda yapılan çalışmalarda farklı iklim parametreleri ön plana çıkabilmektedir. Lin vd., (2011), Tayvan'da yaptıkları çalışmada insanların termal algılarının hava sıcaklığı ile bağlantılı olduğunu ancak rüzgâr hızı ve nemin algılamada önemli olmadığını belirtmiştir. Chen vd., (2020) ise, hava sıcaklığının ve güneş radyasyonunun Harbin'deki (Çin) termal duyum için daha etkili olduğunu belirtse de, güvenilir sonuçlar için yetersiz olduğunu söylemiştir. Yaptığımız çalışmada kullandığımız sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı verileri konfor hesap-

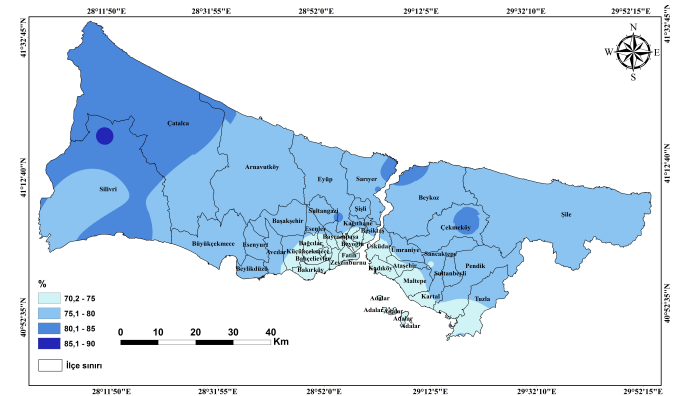
lamalarında kullanılan temel parametreler olsa da, bunlara ses, kirlilik, kent geometrisi, nüfus, kültürel özellikler ve iklimatik geçmiş gibi verilerin eklenerek analiz yapılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

4.2. Aylık Biyoklimatik Koşulların Değerlendirilmesi

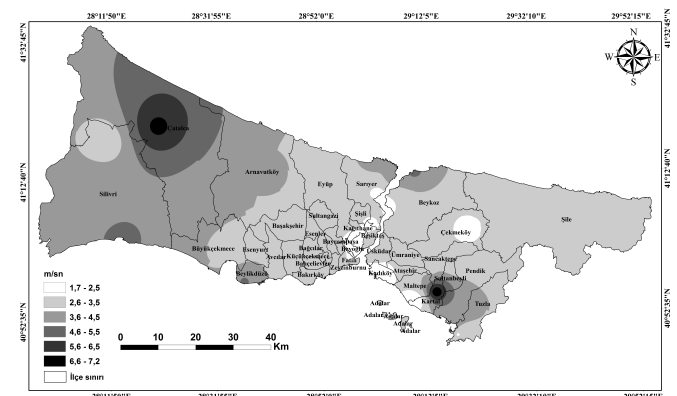
Yıllık ortalamalara göre hazırlanan biyoklimatik konfor haritasından elde edilen homojenlik geniş bir zamansal aralığa karşılık geldiğinden mevcut durumu yansıtmak açısından yetersiz görülmektedir. Bu nedenle, zamansal çözünürlük yükseltılarak aylık analizlere geçilmiş ve yıl içi farklılıklar gösterilmeye çalışılmıştır. Aylık ortalama sıcaklık haritalarında, aralık-mart arasında değerler en düşük, mayıs-eylül arasında ise en yüksek seviyelerdedir. Aylık ortalama sıcaklık 3,3-26 °C aralığında değişirken, ortalamalar kışın 7,1°C, ilkbahar'da 12,8 °C, yazın 23,4 °C ve sonbahar'da 16,7 °C'yi göstermektedir. Sıcaklık ortalama-



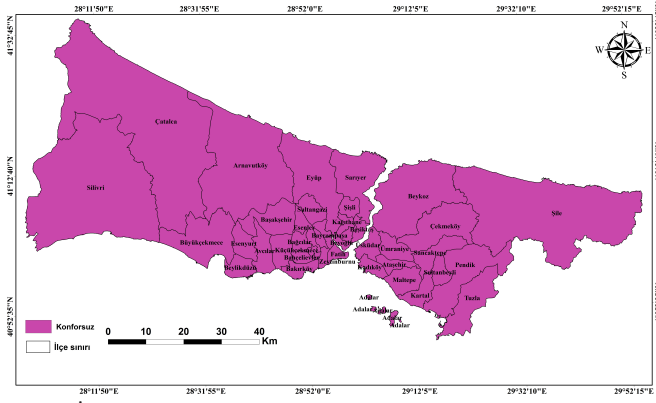
Şekil 6. İstanbul yıllık ortalama sıcaklık haritası.
Figure 6. Istanbul annual average temperature map.



Şekil 7. İstanbul yıllık ortalama nisbi nem haritası.
Figure 7. Istanbul annual average relative humidity map.



Şekil 8. İstanbul yıllık ortalama rüzgâr hızı haritası.
Figure 8. Istanbul annual average wind speed map.

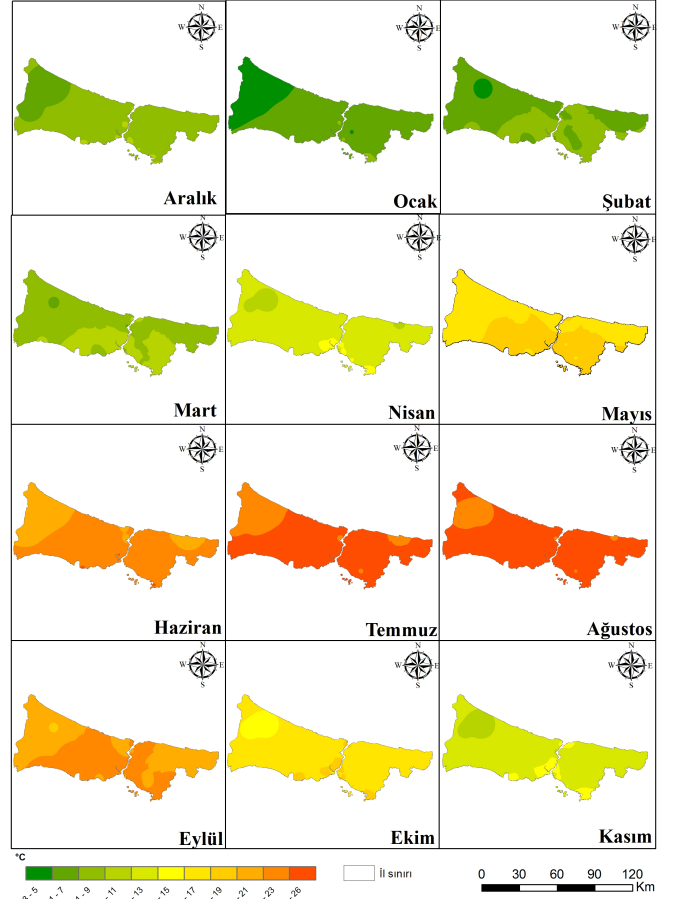


Şekil 9. İstanbul yıllık biyoklimatik konfor haritası.

Figure 9. Istanbul annual bioclimatic comfort map.

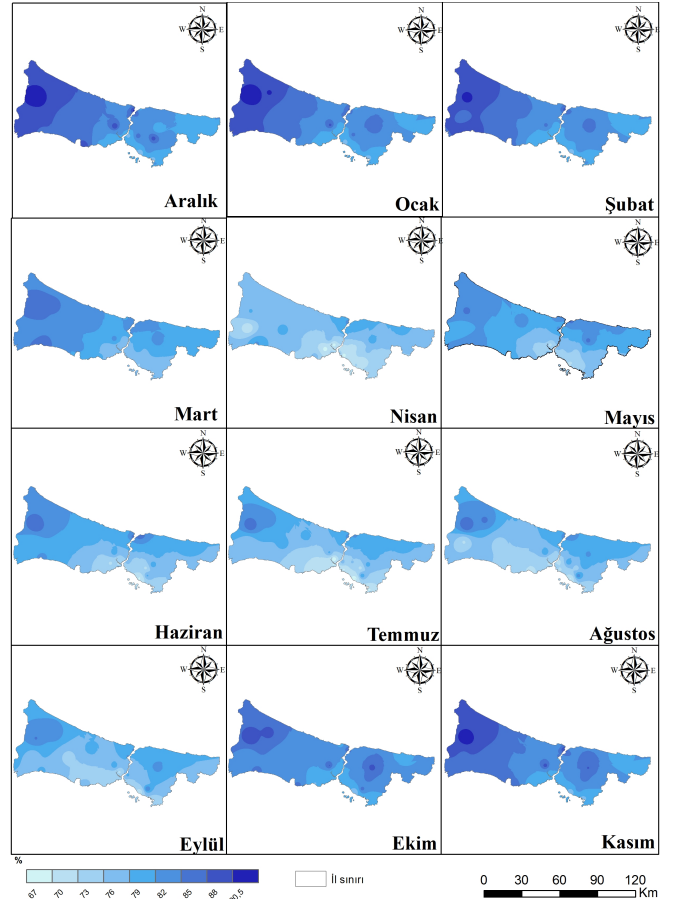
ları mevsimsel olarak; kışın 3,3-9,9 °C, ilkbahar'da 7,1-18,9 °C, yazın 19,6-26 °C ve sonbahar'da 9,9-22,7 °C arasında değişmektedir. Aylık ortalama değerlere göre en soğuk ay 6 °C ile ocak, en sıcak ay ise 24,4 °C ile ağustos ayıdır. Soğuk dönemin en fazla Çatalca, Beykoz ve Şile gibi kuzey ilçelerde yaşandığı -bölge istasyonları kırsal istasyonlardır- sıcak dönemin ise Kadıköy, Zeytinburnu, Bakırköy, Üsküdar, Kartal ve Maltepe ilçelerinde -bölge istasyonları kentsel istasyonlardır- daha belirgin şekilde yaşandığı söylenebilir. Özellikle kentleşmenin yoğun olduğu güneyde sıcaklık değerleri artarken, kuzeye ve Çatalca'ya doğru azalmaktadır. Sıcaklık değişimlerinde enlem, yükselti, kentleşme ve sanayileşmenin etkileri gözlenmektedir. Sıcaklık haritaları aylık ve dönemlik incelendiğinde çevresine göre farklılaşan ilçeler boğaz kenarına ve ilin güneyine karşılık gelmektedir. Sanayileşen bu bölgelerde, dar sokaklar, yüksek bina kat sayıları, azalan yeşil alanlar, daralan toprak ve su yüzeyleri kentsel ısı adası oluşumlarını beraberinde getirmiştir. Aksak vd. (2023), İstanbul'un sanayileşmiş bölgelerinde ısı adalarında artış olduğunu, Ünal vd. (2020) ise ısı adalarında yüksek değerlerin kentsel alanlarda yoğunlaştığını belirtmiştir. Bu bölgeler kışın daha ılıman, ilkbahar ve sonbaharda daha sıcaktır. Ancak yazın yüksek sıcaklık değerleri ilin güneyi ve boğaz kenarı ile sınırlı kalmayıp, kuzeye, batıya ve doğuya doğru geniş bir coğrafyaya yayılmıştır (Şekil 10). Kuzey-Güney yönlü sıcaklık farklarının nedenlerini istasyonların özel konumlarının yanı sıra kuzey sektörlü hava akımlarına topografik koşulların yaratmış olduğu engellerle de açıklamak mümkündür. Topografik koşulların etkisi aynı zamanda Çatalca ve Aydos dağı gibi yükseltilerde düşük sıcaklık değerlerinde görülmektedir.

Çalışma alanının genelinde mekansal olarak yüksek nem değerleri tespit edildi. Nisan, temmuz, ağustos ve eylül aylarında değerler en düşük, aralık, ocak ve şubat aylarında en yüksek seviyelerdedir. Konfor analizlerinde kullanılan bir başka iklim verisi olan nisbi nemin, aylık ortalamalarına göre oluşturulan haritalarda değerler % 64-90,5 aralığında değişirken, ortalamalar kışın % 80,7, ilkbaharda % 75,4, yazın % 74,1 ve sonbaharda % 78,3'ü göstermektedir. Nem ortalamaları mevsimsel olarak; kışın % 74,2-90,5, ilkbaharda % 69,7-84,2, yazın % 69,7-84,7 ve sonbaharda % 71-89,8 arasında değişmektedir. Aylık ortalama değerlere göre en nemli ay % 80,8 ile aralık, nem değerlerinin en düşük olduğu ay ise % 72,9 ile nisan ayıdır. İstanbul'un kuzeyi ve Avrupa yakası nem değerleri açısından diğer kesimlerin önüne geçmektedir. Özellikle Çatalca, Silivri, Büyükçekmece, Şile ve Beykoz'da nem değerleri daha fazladır. Haritalarda ayırtedici bir bölge olarak göze çarpan, Çatalca ve Çatalca Radar



Şekil 10. İstanbul aylık sıcaklık haritaları

Figure 10. Istanbul monthly temperature maps



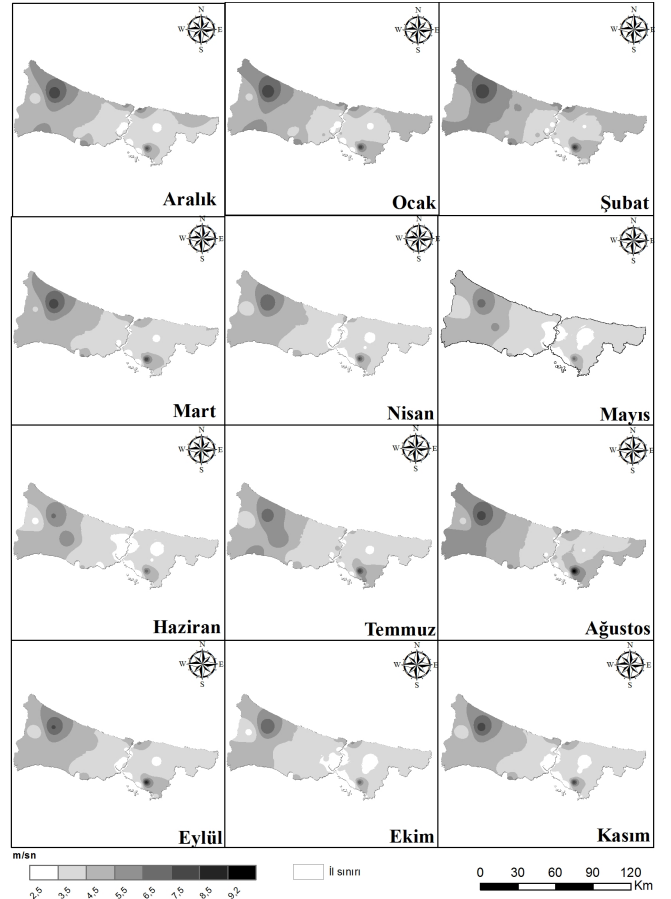
Şekil 11. İstanbul aylık nisbi nem haritaları

Figure 11. Istanbul monthly relative humidity maps

Sahası istasyon verileri incelendiğinde, nem oranlarının % 78,6-83,1 aralığında değiştiği görüldü. Bu durum bölgenin, yükseltiye ek olarak kuzey ve kuzeydoğu yönlü hava akımlarına açık olmasını akla getirmektedir. Buna karşılık haritalarda çevresine göre düşük nem değerleri ile farklılaşan, ilin güneyine karşılık gelen Bakırköy, Zeytinburnu, Fatih, Kadıköy, Maltepe, Pendik ve Kartal gibi ilçeler yoğun şehirleşme ve sanayileşme alanları ile dikkat çekmektedir (Şekil 11). Azalan yeşil alanlar, alsansal olarak daralan yüzey suları, yoğun sera gazı emisyonları ve daha az rüzgâr sirkülasyonu nem değerlerini bu ilçelerde çevresine göre azaltmaktadır.

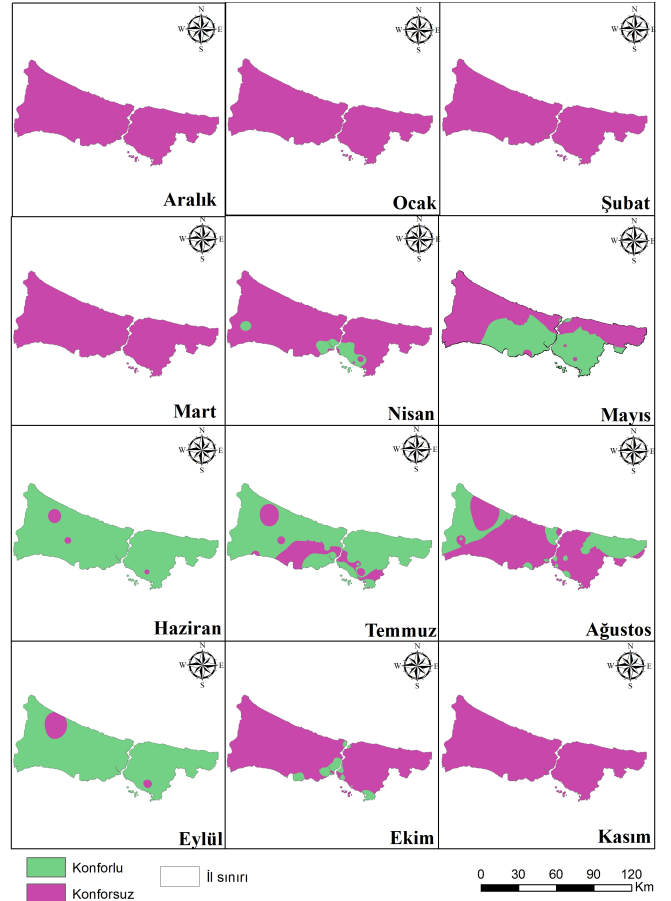
İstanbul'un aylık ortalama rüzgâr hızı değerleri 1,5-9,2 m/sn aralığında değişirken, ortalamalar kışın 3,6 m/sn, ilkbaharda 3,1 m/sn, yazın 3,4 m/sn ve sonbaharda 3,2 m/sn'yi göstermektedir. Rüzgâr hızı ortalamaları mevsimsel olarak; kışın 1,6-7,7 m/sn, ilkbaharda 1,5-7,4 m/sn, yazın 1,6-9,2 m/sn ve sonbaharda 1,5-7,3 m/sn arasında değişmektedir. Aylık ortalama değerlere göre rüzgâr hızının en yüksek olduğu aylar 3,7 m/sn ile ağustos ve şubat, en düşük olduğu ay ise 2,9 m/sn ile mayıs ayıdır. Yükseltinin fazla olduğu alanlar lokal olarak rüzgâr hızının da en yüksek olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Çatalca ve Aydos dağında yıl boyunca 5,6-9,2 m/sn aralığında rüzgâr hızı değerleri kaydedilmiştir ki oluşturulan aylık rüzgâr hızı haritalarına da bu yüksek değerler yansımıştır (Şekil 12). Kentleşme, yerşekilleri, bitki örtüsü ve su kaynakları gibi yerel koşullar nedeniyle rüzgâr hızı farklılaşmıştır. İstanbul Boğazı gibi rüzgâr hızı değerlerinin yüksek çıkması beklenen bölgelerde ve güneyde hızın düşmesi yine yoğun şehirleşme ve sanayileşmeyle bağlantılıdır.

Metropol bir kent olan İstanbul'da, aylık ortalama iklim verilerine göre yapılan biyoklimatik konfor analizlerinde, beş ayın tamamen konforsuz koşullar sunduğu görüldü. Bu beş ayda aylık ortalama sıcaklıkların 12 °C'nin altında olması, nem değerlerinin çoğunlukla % 80'nin üzerinde seyretmesi bu sonucu ortaya çıkardı. Rüzgâr hızının aylık ortalamaları yıl boyunca konfor aralığında olduğu için konforsuzluk konusunda ayırt edici bir özellik sunmadı. Mekansal farklılaşmanın başladığı nisan ayında, güneyde -Bakırköy, Zeytinburnu, Fatih, Kadıköy, Maltepe ve Kartal- oluşan konforlu alanlar, mayısta artarak -Başakşehir, Sultangazi, Eyüpsultan, Şişli, Üsküdar, Ümraniye, Çekmeköy, Şile- haziranda ilin çoğunluğuna hakim oldu. Temmuz ve eylül aylarında da yine konforlu alanlar geniş alan kapladı. Konforlu alanların en fazla olduğu haziran ve eylül aylarında sadece Çatalca ve Aydos dağında yükseltiye bağlı yerel iklim farklılıkları nedeniyle konforsuz koşullar oluşturan dar alanlı bölgeler ortaya çıktı. Ancak, ağustos ayında yüksek sıcaklıklar konforsuz alanları arttırdı. Ağustosta Silivri, Çatalca, Sarıyer, Beykoz ve Şile gibi kuzeyde yer alan kırsal ilçeler büyük oranda konforlu koşullar yarattı. Konforsuz koşullar, ekim ayında sıcaklık değerlerindeki azalmayla ilin çoğunluğunda hakim oldu. Bu ayda yoğun kentleşmiş boğazın güney kesimlerinde konforlu alanlar oluştu. Bütün ayları kapsamamakla birlikte serin bahar dönemlerinde boğazın güney kesimleri konforlu koşullar sağlarken, aynı bölgeler sıcak ağustos ayında konforsuz koşullar yaratabilmektedir (Şekil 13). Kentlerin soğuk dönemlerde çevrelerine göre daha ılıman, sıcak dönemlerde ise daha sıcak ortam yaratma özelliği başka bir ifadeyle Kent Isı Adası'na dönüşmesi konfor koşullarını şekillendirmektedir. Nem oranlarındaki artış, insanların yazın daha sıcak ve kışın daha soğuk ve geçiş mevsimlerinde



Şekil 12. İstanbul aylık rüzgar hızı haritaları.

Figure 12. Istanbul monthly wind speed maps.



Şekil 13. İstanbul aylık biyoklimatik konfor haritaları.

Figure 13. Istanbul monthly bioclimatic comfort maps.

daha serin hissetmelerine neden olmaktadır. Yüksek nem ve sıcaklık özellikle yazın Kent Isı Adası etkisini arttırmaktadır. Sıcaklık, nem, rüzgâr ve konfor haritaları incelendiğinde, ilin güneyinde ısı adası etkilerini görmek mümkündür. Düşük albedo, asfalt ve beton yüzeyler; gölge ve buharlaşmayı sınırlayan azaltılmış bitki örtüsü ve geçirgen yüzeyler; genel rüzgar sirkülasyonunu değiştiren ve kentsel kanyonlar yaratan yüksek binalar, dar sokaklar; araba ve binalarda kullanılan fosil yakıtlar (Wang vd., 2016), İstanbul'un sanayileşmiş güney bölgelerinde Kent Isı Adası oluşumlarının nedenleri arasındadır.

Mevsimlik olarak bakıldığında, İstanbul kış mevsimini konforsuz geçirmektedir. İlkbahar aylarının çoğunluğu konforsuz olmakla birlikte, nisan ve mayıs aylarında güney ilçelerde konforlu ortamlar oluşmaktadır. Yaz ayları diğer mevsimlere göre daha konforlu geçmektedir. Sonbaharda eylül hariç diğer aylarda konforsuzluk hakimdir. Mevsimlik ve aylık durum değerlendirildiğinde, haziran ve eylül aylarının İstanbul için en konforlu dönemler olduğu söylenebilir. İstanbul için mevsim geçişlerine karşılık gelen haziran ve eylül aylarında sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı birlikte değerlendirildiğinde nem hariç konfor eşik değerleri hakim olmaktadır. Nemde ise eylül'de % 74,7 ve haziran'da % 75,1 ortalamaları fazla uç değerlere karşılık gelmediğinden konfor durumunu olumsuz etkilememiştir. Sonuçlar gerek İstanbul'da gerekse yakın coğrafyada yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Matzarakis ve Karagülle (2007), İstanbul'un Ekim 2000-Aralık 2006 dönemine ait konfor analizlerinde Atatürk Havalimanı verilerini kullanmış ve ekim ayından, nisan başlarına kadar soğuk stresinin, haziran'dan, ekim ayı sonuna kadar sıcak stresinin yaşandığını belirtmiştir. Çalışmamızla bu çalışmanın sonuçları kış aylarında tutarlılık göstermektedir. Ancak çalışmamızda yaz aylarının tamamında konforsuzluk yerine mayısdan eylüle kadar büyük oranda konforlu bölgeler tespit edilmiştir. Büyük oranda konforlu olan haziran ve eylül, Yunanistan'da yapılan çalışmada da konforlu çıkmıştır (Nastos & Matzarakis, 2019). Yeşil vd., (2021) ise Ordu'da konforlu ayların mayıs ve eylül, konforlu mevsimin ise sonbahar olduğunu belirtmiştir. Tağil ve Ersayın (2015), Balıkesir ilinde konforlu dönemin mayısta başlayarak eylül ayına kadar devam ettiğini ve yaz mevsiminin diğer mevsimlerden daha konforlu geçtiğini belirtmişlerdir. Soğuk bir il olan Sivas'ta ise yaz mevsiminin konforlu ve diğer mevsimlerin konforsuz geçtiği bildirilmiştir (Karakuş & Demiroğlu, 2021). Gulyas ve Matzarakis (2009), Macaristan'da yaptıkları konfor çalışmasında soğuk dönemin bütün ülkede konforsuzluk yarattığını belirtmişlerdir. Belirtilen bu çalışmalarda kış aylarının çoğunlukla konforsuz geçtiği, bahar aylarında konforlu yada konforsuz alanlar oluştuğu rapor edilmiştir. Bu yönüyle konforlu ve konforsuz mevsimler İstanbul ile benzerlik göstermekle birlikte, aylık bazda farklılıklar bulunmaktadır. Konforlu ayların Türkiye'nin farklı illerinde ve diğer ülkelerde farklılık göstermesi ya da bu ayların kayması çalışılan alanın fiziki ve beşeri koşulları kadar küresel iklim değişikliğiyle de ilgili olabilmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin Türkiye'de özellikle sıcaklık ve kuraklık olarak etkisini gösterdiği düşünülürse, İstanbul için mevcut veriler ve haritalar ışığında ilerleyen yıllar konfor durumunun zamansal ve mekansal olarak değişime uğrayacağını göstermektedir. Sıcaklık artışıyla yaşanacak olan bu değişim, kış aylarında hakim olan baskın konforsuzluğa ek olarak konforlu bölgelerin belirmesi, yaz aylarında ise mevcut konforlu

bölgelerin konforsuz alanlara dönüşmesi ve bu alanların genişlemesi şeklinde gelişme gösterecektir. İstanbul özelinde yapılan biyoklimatik konfor analizleri, küresel iklim değişikliği etkilerinin en fazla bahar aylarında belirgin olacağını göstermektedir. Nispeten diğer aylara göre mekansal ve zamansal homojenliğin daha az görüldüğü ilkbahar ve sonbahar ayları ve ek olarak haziran ayı gelecek dönemlerde daha önemli konfor değişimlerine sahne olacaktır. Günümüzde yaşamakta olduğumuz daha sıcak yaz, daha ılıman kış ve sınırları keskin olmayan bahar ayları - yaz etkisi baskın- ortaya çıkacak senaryolarla ilgili fikir vermektedir. Buna göre, mart ayında belirmeye başlayan konforlu alanların nisan, mayıs, ekim aylarında alanını genişleteceği ve kasım ayında da konforlu bölgelere rastlanılabileceği söylenebilir. Işınkaralar (2023), Kocaeli ilinde mevcut biyoklimatik konfor alanları ve 2100'e kadar olası durumları incelediği çalışmasında, günümüzde konforlu alanların ilin % 1,8'ni kapladığını, geri kalanının konforsuz alanlardan oluştuğunu belirtmiştir. 2100'de ise soğuk yada serin özellik gösteren konforsuz alanların ısınarak konforlu bölgelere dönüşeceğini ve bu oranın % 23,5'e çıkacağını SSP 245 ve SSP 585 senaryolarına göre analiz etmiştir. Analiz sonuçları komşusu olması sebebiyle İstanbul için de geçerli sonuçlar sunmaktadır. Çapraz (2024), çalışmasında bu sonuçları destekleyen veriler elde etmiştir. İstanbul'un ortalama hava sıcaklığında son 51 yılda anlamlı bir artış ve yıllık ısınma eğiliminin 0,06 °C olduğunu belirtmiştir. Mevsimsel ortalama hava sıcaklıklarında ise en güçlü artış eğilimini yılda 0,08 °C'lik artışla yaz mevsiminde gözlemlemiştir.

Flüvyal faaliyetlerin etkisiyle meydana gelen plato, tepe ve vadelerin genel topografyaya şekil verdiği İstanbul'da, topoğrafyadan kaynaklı mekansal farklılıkların biyoklimatik konfor üzerinde yıllık ve aylık süreçte etkisi tam olarak tespit edilememiştir. Topografik etkiye bağlı olarak, sadece haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında çevresine göre yüksekte kalan dağlık alanlarda konforsuz noktalar tespit edildi. Ancak dört ayda gözlenen bu farklılığı diğer aylarda konforlu yada konforsuz değişim olarak gözlemlemek mümkün değildir. Belirtilen fiziki özelliklere ek olarak, şehirleşme gibi antropojenik özelliklerin etkisiyle yer yer değerlerde artma/azalma eğilimleri görüldü. Bu durum, daha önceki bölümlerde belirtilen güneydeki ilçelerde, sıcaklıkta artış, nisbi nemde azalma ve yine rüzgâr hızında azalma şeklinde sonuç vermiştir. Arazi örtüsü olarak kent alanlarına karşılık gelen bu bölgede, çevresine göre farklı konfor özellikleri görüldü. Nisan, mayıs ve ekim ayı konfor haritalarında, çalışma alanının büyük bir kısmında konforsuz koşullar hakimken, güneydeki ilçelerde konforlu koşullar oluşmuştur. Kentleşme ile konfor arasında genelleme yapacak kadar olmasa da bir ilişkinin olduğu ancak bunun bütün arazi örtüsü sınıflarında gözlenmediği sonucuna varılabilir. Kentleşme, sanayileşme ve yoğun nüfusa bağlı yaşam alanları Kent Isı Adası faktörünü güçlendirecek ortamlar yaratmaktadır ve bu durum konfor üzerinde yerel düzeyde etki sağlamaktadır. Liu vd. (2016), farklı dış mekan mikro iklim koşulları altında farklı termal konfor gereksinimlerinin oluştuğunu belirtmiştir. Bu durum Kentsel Isı Adası yada Kentsel Soğuk Ada oluşumlarının biyoklimatik konfor çalışmalarından bağımsız olamayacağını göstermektedir. İki oluşum -KIA ve biyoklimatik konfor- yapılan analizlerde de birbirini desteklemektedir.

4.3. Trend Analizleri

İstanbul'da uzun dönem gözlem yapan 8 istasyon (Bahçeköy, Florya, Kadıköy Rıhtım, Kartal, Sarıyer, Kumköy/Kilyos, Şile, Atatürk Havalimanı) verilerinde iklimsel eğilimlere bakıldı. Sıcaklık ve nemde istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimleri bulundu. Biyoklimatik konfor açısından esas önemli olan sıcaklık ve nemlilik olduğu için özellikle bu iki veri seti incelendi. Sıcaklıklarda genel olarak bir artış eğilimi hâkim olup, bu eğilimin alansal (istasyonlar) ve zamansal (aylar) en yaygın olduğu değişken ortalama sıcaklıklar olmuştur. Aralık ve ocak dışında hemen hemen tüm istasyon ve aylarda kuvvetli artış eğilimleri tespit edildi (Tablo 3). Küresel ısınmanın genel trendi ve KIA etkisi artış eğilimlerinin devam edeceğini göstermekte ve bu eğilimler geçiş mevsimlerindeki sıcaklık artışları ile son 30 yıllık süreçte biyoklimatik konforun artmasına da katkı sağlamaktadır. Nemlilik analizlerinin sonuçlarına bakıldığında ise, Kartal istasyonu dışında tüm yıla yayılan artışlar söz konusu değildir. Dolayısıyla, nemlilik de önemli artışlar görülmezken, sıcaklıkta anlamlı artışların varlığı gözlemleniyor. Sıcaklık trendlerindeki anlamlı artışın ısı stresi yaratarak konforsuzluğa katkı sağladığı ve küresel ısınmanın bu durumu desteklediği söylenebilir. Gelecekteki iklim senaryolarına göre kentsel alanlarda yapılan çalışmalarda sıcak stresli günlerde artış, soğuk stresli günlerde ise azalma olacağı ve bu durumun biyoklimatik konforu olumsuz etkileyeceği öngörülmüştür (Matzarakis & Endler, 2010; Cheung & Hart, 2014; Şensoy, 2020; Işınkaralar, 2023). Kambezidis vd. (2021), gelecekte meydana gelebilecek kalıcı ve daha yoğun sıcak hava dalgalarıyla konforsuzluğun daha da artacağını belirtmiştir. İklim değişikliğinin mevcut ve gelecek biyoklimatik konfor koşullarını nasıl etkileyeceğini bilmek hem insan sağlığı hem de sektörel planlama açısından önem arz etmektedir. Turizm faaliyetleri için uygun dönemlerin belirlenmesinde de kullanılan biyoklimatik konfor çalışmaları bu yönüyle yararlı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Çalışkan vd. (2012), Bursa'da yapılan konfor çalışmasında mayıstan eylüle kadar turizm etkinlikleri için uygun koşulların sağlandığını, Abbasnia ve Toros (2019), İstanbul'un nisan ekime kadar 7 ay boyunca turizm faaliyetleri için konforlu olduğunu belirtmiştir. Turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu dönemlerde iklim parametrelerinde meydana gelen değişim, konforlu aylarda kaymaya neden olabilmektedir. Nastos ve Matzarakis (2019), Yunanistan'da yakın gelecekte konforlu koşulların mayıs ve ekim aylarında ve uzak gelecekte nisan ve mayıs aylarında yaşanacağını öngörmüştür. Turizm ve diğer etkinlik alanlarındaki planlamada önemi ortaya çıkan biyoklimatik konfor ve küresel iklim değişikliği çalışmalarının sağlık ve enerji alanlarında da kullanımı söz konusu olmaktadır. İnsanların zamanlarının çoğunu klimalı binalarda veya arabalarda geçirmeleri ne kadar enerjinin harcandığı konusunda potansiyel bir bilgi vermektedir. Klima kaynaklı atık ısının, sıcaklık oranlarındaki artışı desteklemesi KIA oluşumunu yaratan etkenlerden biri olmaktadır (Shooshtarian vd., 2020). Vujovic vd. (2021), yansıtıcı ve geçirgen kaldırımlardan, Razzaghmanesh vd. (2016), yeşil duvarlardan, Gomez vd. (2018) ise, çeşme ve havuz tasarımlarıyla ilkbahar ve yaz esintilerinden yararlanarak çevresel alanın konforunda bir iyileşmeye yol açıldığını, KIA etkisinin azaltıldığını ve bunun kentsel ekolojiyi desteklediğini belirtmiştir. Trend analizlerindeki sıcaklık artışları her ne kadar stres ve konforsuzluk yaratsa da termal deneyimlerin (termal geçmiş) ve farklı mevsimlerdeki termal tercihlerinde konfor algısı üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 3. Uzun yıllar gözlem yapan istasyon verilerinde trend analizi sonuçları.

Table 3. Trend analysis results in station data that has been observing for many years.

Ortalama Sıcaklık	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Bahçeköy (26)	0,09	0,17	0,11	0,05	0,15	0,20	0,46	0,42	0,12	0,08	0,06	-0,12
Florya (40)	0,09	0,37	0,40	0,22	0,47	0,53	0,55	0,52	0,49	0,21	0,32	0,08
Kadıköy Rıhtım (40)	0,22	0,40	0,41	0,23	0,45	0,48	0,57	0,63	0,54	0,28	0,37	0,15
Kartal (27)	0,15	0,19	0,18	0,09	0,22	0,28	0,54	0,36	0,11	0,01	0,10	-0,14
Sarıyer (40)	0,11	0,36	0,34	0,17	0,44	0,55	0,57	0,56	0,45	0,11	0,30	0,04
Sarıyer-Kumköy (40)	0,13	0,38	0,33	0,17	0,45	0,50	0,49	0,58	0,45	0,13	0,30	0,03
Şile (40)	0,14	0,37	0,33	0,18	0,46	0,55	0,59	0,59	0,45	0,16	0,30	0,02
Atatürk Airport (40)	0,19	0,44	0,37	0,25	0,43	0,48	0,55	0,56	0,47	0,28	0,36	0,11
Ortalama Nem												
Bahçeköy (27)	-0,12	-0,22	-0,34	-0,21	-0,20	-0,04	-0,19	-0,02	-0,17	-0,01	0,07	-0,07
Florya (40)	0,36	0,45	0,18	0,09	0,09	0,15	0,05	0,04	0,08	0,28	0,36	0,28
Kadıköy Rıhtım (40)	-0,10	0,14	-0,07	-0,15	-0,06	0,11	-0,21	-0,16	-0,13	-0,06	0,02	-0,17
Kartal (26)	0,22	0,13	0,10	0,33	0,30	0,35	0,31	0,48	0,39	0,42	0,43	0,25
Sarıyer (40)	0,20	0,22	0,04	-0,03	0,07	0,26	0,00	0,08	0,06	0,22	0,30	0,15
Sarıyer-Kumköy (40)	0,06	0,12	-0,02	0,02	0,03	0,17	-0,11	-0,06	-0,06	0,16	0,17	0,11
Şile (40)	0,08	0,12	-0,06	0,01	-0,02	0,17	-0,09	-0,01	-0,11	0,12	0,03	0,00
	0.05 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı (artış eğilimi)											
	0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı (artış eğilimi)											

Nikolopoulou ve Steemers (2003), psikolojik adaptasyonun insanların termal duyumunu büyük ölçüde etkilediğini belirtmiştir. Mevsimsel ve bölgesel farklılıklar ve termal deneyim açık hava mikro iklim koşulları altında farklı termal konfor gereksinimlerini yansıtmaktadır. Bunun nedeni, iklime uyumun, termal ve kültürel geçmişin ve vücuttaki farklılıkların termal algıları etkileyebilmesidir (Shooshtarian vd., 2020). Kenawy ve Elkadi (2013), Melbourne kentsel ikliminde dış mekan termal ölçütlerini belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmalarında farklı mevsimlerde ve kentsel yer türlerinde farklı referans noktalarında değişimler gözlemlenildi. Ve farklı iklim bölgelerinin yanı sıra etnik farklılığın -aborjinler gibi- konfor gereksinimleri üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu yönüyle bakıldığında İstanbul gibi çok kültürlü bir metropolde sıcaklık trendlerindeki artış yada KIA oluşumları bir Türk için konforsuzluk yaratırken, termal geçmişi yüksek sıcaklıklara uyum sağlamış Afrikalı için ideal koşul olarak algılanabilmektedir. Nem trendlerinde belirgin artış elde edilmese de nem oranlarının yüksek olması termal algıyı etkileyebilmektedir. Günümüzde İstanbul'un yaz döneminde yaşanan bu durumun, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle gelecekte geçiş mevsimlerinde de yaşanması olasıdır.

5. Sonuç

Dünya nüfusunun % 50 den fazlasının yaşadığı kentler, ekonomik refah sunma potansiyelleri yüksek olan yoğun nüfuslu alanlardır (UN, 2024). Yoğun nüfusun etkisiyle, antropojenik etkiler kendini kentlerde daha fazla göstermektedir. Bitki örtüsünün tahribiyle daha az yeşil alanların bulunması, toprak yüzeylerinin betonarme yapılarla kapatılması, daha fazla karbon salımı, kentlerde yerel iklim değişiklikleri yaratmış, kent ısı adası fenomeninin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kentleri çevrelerine göre farklı kılan iklimsel koşulların, yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş alanlarda belirginleştiği söylenebilir. Ticaret, turizm, sanayi ve kültürel alanların etkisiyle ilin güneyindeki ilçelerin nüfusları hızla artmış, bu durum iklim verilerinde ve biyoklimatik koşullarda farklılaşma olarak karşımıza çıkmıştır. Çalışma kapsamında aylık ve yıllık ortalamalara göre yapılan, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve bu verilerle oluşturulan biyoklimatik konfor haritalarından elde edilen sonuçlar, nüfus, kentleşme ve sanayileşme etkisiyle işaret etmektedir. Yüksek sıcaklık, düşük nem ve rüzgâr hızı ve çevresine göre farklılaşan konfor kent iklimini yaratmış-

tır. Sıcaklıkta artış eğilimini gösteren trend analizlerinin desteklediği bu sonuçlar küresel ısınmanın kentler üzerindeki somut etkileri niteliğindedir. Hem küresel ısınmanın genel trendi hem de kent ısı adası oluşumları göz önünde bulundurulursa, sıcaklık artış eğiliminin devam edeceği dolayısıyla biyoklimatik konfor üzerinde bir baskı oluşturabileceği ve ilerki yıllarda da devam edeceği düşünülebilir. Bu durumun kuşkusuz insan faaliyetleri ile doğal veya beşeri ortam üzerinde etkileri bulunmaktadır. Kullanılan yapı malzemesi gereği kaldırım ve asfalt sıcaklıklarının 59 °C'ye çıkması, çöplerdeki virüs ve bakterilerin artması, asfalt üzerinde oluşan buharlaşma nedeniyle ortaya çıkan petrol türevlerinin havaya karışması sadece insanlara değil diğer canlılara da zarar vermektedir. Azalan yeşil alanlar, toprak örtüsü ve su kaynakları her geçen gün kentlerdeki sıcaklığın artmasına neden olmakta, ekosistemi tehdit etmektedir. Küresel ısınma her ne kadar kentlerde sıcaklık artışı olarak kendini göstermiş olsada iklim parametrelerindeki anomalilerin etkisiyle oluşan, sel, taşkın, heyelan, aşırı yağış, sıcak veya soğuk hava dalgaları, kuraklık gibi afet niteliği taşıyan doğa olayları da konfor koşullarını etkileyebilmektedir. Günümüzde mevsimlik kaymalarla da kendini gösteren bu oluşumlar konforu değiştirmekte ve insan faaliyetlerinin yürütülmesini zorlaştırmaktadır. Kış turizm faaliyetleri için yeterli kar örtüsünün bulunmaması, yaz turizmi başta olmak üzere diğer faaliyetler için sıcaklığın mevsim normallerinin üstüne çıkması sektörel sorunlar yaratmaktadır. Sadece turizm için değil bütün insan faaliyetleri için konfor koşullarının bozulması planlama, işleyiş ve sağlık açısından bir takım sorunlar oluşturmaktadır. Psikolojik, fizyolojik konforun sağlanması büyük oranda çevresel şartlarla ilişkili olduğundan, yüksek sıcaklık ve düşük hava sirkülasyonuna kirliliğin farklı türleri de eklenince ölümler ve hastalıklar artmakta, ekolojik döngüler bozulmakta ve açık veya kapalı ortam kültürel aktiviteleri aksamaktadır.

Akdeniz iklim bölgesinde yer alan Türkiye sahip olduğu özellikler nedeniyle kısa mesefelerde yükselti ve topoğrafyaya bağlı iklimsel farklılıklar göstermektedir. İstanbul'da ise topografik farklılıklar pek fazla değişmese de etkili olan iklim ve hava kütleleri karakteristiği ve kentleşme ve nüfus açısından bir takım farklılıklar bulunmaktadır. Belirtilen fiziki ve beşeri şartlar göz önünde bulundurularak çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Bu nedenle, mevcut meteorolojik gözlem istasyonları üzerinden analizlerin yapılması, istasyonların homojen dağılması, bundan sonra yapılacak çalışmalarda, spesifik olarak mobil gözlem yöntemlerinin çalışmalara dahil edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Zamansal olarak analiz detaylarına bakıldığında ise, geniş zaman dilimlerinden ziyade, aylık hatta günlük ve saatlik analizlerde mekansal detayların daha net ortaya çıkabileceği düşünülmektedir ki çalışmada oluşturulan yıllık ve aylık haritalar karşılaştırıldığında parametrelere göre elde edilen aylık veriler daha doğru, açık ve yorumlanabilir bilgiler sunmaktadır. İstanbul yüzölçümünün genişliği göz önünde bulundurulduğunda günlük ve saatlik veri çalışmalarının bütünü sağlayacak şekilde yapılması, kendi içinde çeşitli zorlukları da beraberinde getireceği için, ilçe bazında çalışmalarda bu sorun giderilebilir. İnsanların dış mekan biyoklimatik konfor algılarına yönelik çalışmalarda hem nicel hem de nitel yaklaşımların kullanılması, fiziksel, fizyolojik, psikolojik adaptasyonun göz önünde bulundurulması çok yönlü çalışmaların oluşturulmasını sağlayacaktır. Daha yaşanabilir yerleşim, daha sağlıklı bir nüfus ve daha az enerji tüketimi gibi ortak faydaların elde edilebil-

mesi için konfor koşullarına uygun kentsel planlamaların yapılması önem arz etmektedir. Ayrıca literatürde eksik coğrafi bölgelerin -İstanbul gibi- ve farklı etnik toplulukların çalışmalara eklenmesi alana katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması/Conflict of interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. *The authors declare that there is no conflict of interest.*

Yazar Katkısı/Author Contribution: Bu çalışma A.O.'nun doktora tezi kapsamında hazırlanmıştır ve bu süreçte F.S. danışman olarak çalışmanın tüm sürecinde katkı sağlamıştır. *This study has been prepared within the scope of A.O.'s doctoral thesis, and throughout this process, F.S. has contributed as the advisor of the study.*

Etik Kurulu Onayı/Ethics Committee Approval: Bu çalışma için Etik Kurul Onay Belgesi gerekmemektedir. *Ethics Committee Approval is not required for this study.*

Kaynakça

- Abbasnia, M. & Toros, H. (2019, 23-26 October). *A monthly assessment of human bioclimatic comfort conditions in Istanbul* [Sempozyum sunumu]. 9th International Symposium on Atmospheric Sciences (ATMOS2019), Istanbul Technical University, İstanbul, Türkiye.
- Aksak, P. Öztürk, Ş.K. & Ünsal, Ö. (2023). Kentsel ısı adasının iklim parametreleri ve uzaktan algılama üzerinden incelenmesi: İstanbul kenti örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1),151-171. <https://doi.org/10.51800/ecd.1266060>
- Altunkasa, M. F. (1987). *Çukurova bölgesinde biyoklimatik veriler kullanılarak açık ve yeşil alan sistemlerinin belirlenmesi ilkeleri üzerine bir araştırma* (Yayın No.233) [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- ASHRAE Standard 55. (2004). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating, Ventilating and Air-conditioning Engineers.
- Auliciems A. & Szokolay S. (2007). *Thermal comfort. Passive and low energy architectural* (2nd ed.). PLEA International Note 3. https://dev.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/plea_2007_thermal_comfort.pdf
- Balcioğlu, Y.E. & Gönençgil, B. (2022, 12-14 Ekim). *Bir geçiş iklim bölgesi olarak İstanbul'un kuzeyi ve güneyinde sıcaklık ve yağışın eğilimleri* [Sempozyum sunumu]. TÜCAUM 2022 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- Chen, X. Gao, L. Xue, P. Du, J. & Liu, J. (2020). Investigation of outdoor thermal sensation and comfort evaluation methods in severe cold area. *Science of the Total Environment*, 749. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141520>
- Cheung, C. S. C. & Hart, M.A. (2014). Climate change and thermal comfort in Hong Kong. *Int J Biometeorol*, 58, 137–148. Doi: 10.1007/s00484-012-0608-9
- Çağlak, S. (2021). *İklim değişikliğinin biyoklimatik konfor şartları üzerine etkileri ve olası sonuçları* (Yayın No. 690729) [Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

- Çalışkan, O. Çiçek, İ. & Matzarakis, A. (2012). The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism. *Theoretical and Applied Climatology*, 107, 417-425. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0489-6>
- Çapraz, Ö. (2024). Trend analysis of air temperature in a megalacity between two continents: the synoptic weather station in İstanbul Atatürk Airport. *Environmental Systems Research*, 13(28). <https://doi.org/10.1186/s40068-024-00363-6>
- Çelik, M. R. (2023). Kentsel ısı adası etkisi. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 83, 38-44. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/015_6.pdf
- Çetin, M. Topay, M. Kaya, L. G. & Yılmaz, B. (2010). Biyoiklimsel konforun peysaj planlama sürecindeki etkinliği: Kültürler örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 83-95.
- Çetin, M. (2016). Peyzaj planlamada biyoklimatik konfor alanlarının belirlenmesi: Cide kıyı şeridi örneği. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(9), 800-804. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i9.800-804.872>
- Çınar, İ. (1999). *Fiziksel Planlamada Biyoklimatik Veriler Kullanarak Biyokonforun Oluşturulması Üzerine Fethiye Merkezi Yerleşimi Üzerinde Araştırmalar* (Yayın No. 85530) [Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Erol, O. (1993). *Genel klimatoloji*. Gazi Büro Yayıncılık.
- Gómez, F. Valcuende, M. Matzarakis, A. & Cárcel, J. (2018). Design of natural elements in open spaces of cities with a Mediterranean climate, conditions for comfort and urban ecology. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 26643-26652. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2736-1>
- Gulyas, A. & Matzarakis, A. (2009). Seasonal and spatial distribution of physiologically equivalent temperature (PET) index in Hungary. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 113 (3): 221-231.
- Güçlü, Y. (2008). Alanya-Samandağ Kıyı Kuşağında Konforlu Olma Süresi ve Deniz Turizmi Mevsiminin İklim Koşullarına Göre Belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 50, 1-20. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21231/227830>
- Hobbs, J. E. (1980). *Applied climatology: A study of atmospheric resources*. Westview Press.
- İşınkaralar, O. (2023). Bioclimatic comfort in urban planning and modeling spatial change during 2020-2100 according to climate change scenarios in Kocaeli, Türkiye. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 7775-7786. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04992-9>
- ISO Standard 7726. (2002). *Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities*. International Organisation for Standardisation.
- Kambezidis, H.D. Psiloglou, B.E. Varotsos, K.V. & Giannakopoulos, C. (2021). Climate change and thermal comfort in Greece. *Climate*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/cli9010010>
- Karakuş, C.B. & Demiroğlu, D. (2022). A study of the relationship between bioclimatic comfort zones and land use: The case of Sivas province (Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 1139. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1035870/v1>
- Kaya, Y. (2018). İklim değişikliğine karşı kentsel kırılabilirlik: İstanbul için bir değerlendirme. *International Journal of Social Inquiry*, 11(2), 219-257. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijisi/issue/41585/502488>
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Griffin.
- Kenawy, I. & Elkadi, H. (2013, 10-12 September). *The impact of cultural and climatic background on thermal sensation votes* [Konferans sunumu]. PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany.
- Kocman, A. (1991). Affecting of İzmir's urban development of natural environmental factors and problems related to them. *Geography Research Journal*, 3, 101.
- Kurter, A. (1979). *Türkiye'nin morfoiklimatik bölgeleri*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Matbaası.
- Lin, T.P. Dear, R. & Hwang, R.L. (2011). Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort. *International Journal of Climatology*, 31, 302-312. <https://doi.org/10.1002/joc.2120>
- Liu, W. Zhang, Y. & Deng, Q. (2016). The effects of urban microclimate on outdoor thermal sensation and neutral temperature in hot-summer and cold-winter climate. *Energy and Buildings*, 128, 190-197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.086>
- Matzarakis, A. & Karagülle, M. Z. (2007, 19-22 September). *Bioclimate information for İstanbul*. [Konferans sunumu]. Developments in Tourism Climatology, 3rd International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Freiburg, Germany.
- Matzarakis, A. & Endler, C. (2010). Climate change and thermal bioclimate in cities: impacts and options for adaptation in Freiburg, Germany. *International Journal of Biometeorology*, 54, 479-483.
- Nastos, P.T. & Matzarakis, A. (2019). Present and future climate—tourism conditions in Milos Island, Greece. *Atmosphere*, 10 (3): 97-107. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos10030145>
- Nikolopoulou, M. & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35, 95-101.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1-24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Olgyay, V. (1973). *Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press.
- Öztürk, M.Z. Çetinkaya, G. & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27. <https://doi.org/10.26650/JGEOG295515>
- Pontes, R. H. Najjar, M. K. Hammad, A.W.A.Vazquez, E. & Had-

- dad, A. (2022). Adapting the Olgvyay bioclimatic chart to assess local thermal comfort levels in urban regions. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24, 661–675. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02158-0>
- Razzaghmanesh, M. Beecham, S. & Salemi, T. (2016). The role of green roofs in mitigating urban heat island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 89-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.013>
- Sayigh, A. & Marafia, A.H. (1998). Chapter 1-Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 2, 3-24. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(98\)00009-4](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(98)00009-4)
- Singh, P. & Verma, P. (2019). A Comparative Study of Spatial Interpolation Technique (IDW and Kriging) for determining groundwater quality. *GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science*, 5, 43-56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815413-7.00005-5>
- Shooshtarian, S. Lam, C.K.C. & Kenawy, I. (2020). Outdoor thermal comfort assessment: A review on thermal comfort research in Australia. *Building and Environment*, Volume 177, 106917. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106917>
- Sungur, K.A. (1980). Türkiye’de insan yaşamı açısından uygun olan ve olmayan ısı değerlerinin aylık dağılışı ile ilgili bir deneme. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 23, 27–36.
- Şensoy, S. (2020). *Turizm sektörünün geleceği açısından sıcaklık indisleri ile termal biyoklimatik indisler arasındaki ilişkiler: Antalya örneği* (Yayın No. 643413) [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Tağıl, Ş. & Ersayın, K. (2015). Balıkesir ilinde dış ortam termal konfor değerlendirmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8 (41), 747-755.
- Temur, H. (2023). Sürdürülebilirlik kapsamında kentsel ısı adası oluşumu. İçinde Biçen, A. (Ed.), *Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Güncel Yaklaşımlar* (ss.65-91). Duvar Yayınları.
- Toy, S. (2010). *Biyoklimatik Konfor Değerleri Bakımından Doğu Anadolu Bölgesi Rekreatyonel Alanların İncelenmesi* (Yayın No. 274669) [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Turoğlu, H. (2014, 23-24 Ekim). *İklim değişikliği bağlamında İstanbul’un su yönetimi ve problemleri* [Konferans sunumu]. TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- TÜİK. (2022). *2022 Nüfus verileri*. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2022-49685>
- United Nations-UN. (2024). *World Urbanization Prospects 2018 : Highlight*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs. <https://population.un.org/wup/DataQuery/>
- Ülker, İ. (1988). *Türkiye’de sağlık turizmi ve kaplıca planlaması*. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Çağdaş Kültür Eserleri Dizisi.
- Ünal, Y. S. Sonuç, C. Y. İncecik, S. Topcu, H. S. & Diren-Üstün, D. H. (2020). Investigating urban heat island intensity in Istanbul. *Theoretical and Applied Climatology*, 139, 175-190. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02953-2>
- Yasdıman, K. (2023). Kentsel ısı adası, sıcaklık dalgaları ve halk sağlığı ilişkisi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 18(67), 53-65.
- Yeşil, M. Yeşil, P. & Güzel, M. (2021). Ordu ili Biyoklimatik Konfor Bölgelerinin Belirlenmesi. *Kent Kültürü ve Yönetimi Dergisi*, 14(4), 1059-1073. <https://doi.org/10.35674/kent.983103>
- Vujovic, S. Haddad, B. Karaky, H. Sebaibi, N. & Boutouil, M. (2021). Urban heat island: Causes, consequences, and mitigation measures with emphasis on reflective and permeable pavements. *CivilEng*, 2, 459-484. <https://doi.org/10.3390/civileng2020026>
- Wang, Y. Berardi, U. & Akbari, H. (2016). Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy and Buildings*, 114, 2-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.046>